

公差与檢驗

蔡其恕編著

天津人民出版社



公差与檢驗

蔡其恕 編著

江苏工业学院图书馆
藏书章

天津人民出版社

公差与檢驗

蔡其恕 編著

*

天津人民出版社出版

(天津錦州道六号)

天津市書刊出版業營業許可証津出字第001号

天津市第一印刷厂印刷 新华書店天津分店發行

*

开本 787×1092 1/32 印張 2 13/16 字數 67,000

一九五八年一月第一版

一九五八年一月第一次印刷

印数1—1,000

統一書号 T15072·5

定价(9)0.32 元

前 言

公差配合制度在机械制造中起着非常重要的作用。特别是在现代化的机械制造工业中,如果没有公差,简直无法进行生产。公差配合制度主要是为了设计机器时应用的,但对于制造和检验人员来说,也是必须知道的。这本小册子就是想为从事制造和检验的工人同志们介绍一些必要的常识。

目 次

公差与配合的一般概念	1
一、什么叫公差与配合	1
二、为什么要有公差制度	2
三、公差配合的基本术语	3
四、尺寸的注法和计算	6
圆柱配合公差——公差制度的基本内容	8
一、精度等级	9
二、配合座	10
三、标准名义尺寸、尺寸区域、基准制	12
四、表格说明与图纸注法	14
五、加工中的其他精度	22
六、公差与加工的关系	26
七、公差与检验的关系	28
其他配合公差	37
一、圆锥配合公差	37
二、螺纹配合公差	38
三、圆柱齿轮公差	60
四、花键配合公差	72

公差与配合的一般概念

一、什么叫公差与配合

1. 配合 一部机器是由許多另件装配起来的。机器的轉动全靠配合件間的相互作用；机器的好坏就在这些配合作用是否恰当，它們的松紧是否适宜。例如，汽車的汽缸、活塞和活塞环配合，活塞必須能在汽缸中灵活滑动但又不能漏汽。又如一个連接螺絲在机器上起紧固的作用，当螺母与螺釘扭紧后不应自己松开；在車床上的絲杠与螺母之間却必須能轉动，但又不能太松；一对齿輪裝在两个軸上起傳动的作用，当它們轉动起来时，不但不能咬死，而且需要均匀地傳達运动。如果这些配合件的作用不适当，那末，这部机器就一定不好。一部柴油机的油泵和油泵心子太松了或太紧了都会使柴油机不能工作。所以，一部机器的配合件必須配合得很好。那末，怎样才能使配合件配合得很好呢？这就必須要求另件的配合尺寸做得相当准确。另件上的尺寸凡是与配合作用有关系的叫配合尺寸。例如，活塞的外徑和汽缸的内徑等等。与配合作用沒有关系的尺寸，叫自由尺寸。例如，活塞的長度，齿輪的寬度，螺帽的高度等等。一般說来配合尺寸應該比自由尺寸做得更准确些。

但是怎样才算准确呢？这个问题初听起来似乎很簡單。有人說假使我做一批直徑100公厘的軸，做出来的那些軸直徑都恰好是100公厘，一点也不多，一点也不少，那就是准确。不錯，如果真能做到这样，那真是准确。可惜这是不可能的！为什么呢？那就在于你所說的“一点”究竟是多少，是1公厘呢？0.1公厘呢？0.01公厘呢？还是0.001公厘呢？（0.001公厘叫做1公微，在公差里常以

公微为單位。一根頭髮的粗細約为 50—80 公微。)如果你所說的“一点”，指的是 1 公厘，那就太不准确了。如果是指一公微，那么任何一位有經驗的工人，都不敢說他所做的工件 1 公微也不会錯。尤其是所做的一批工件，不会相差 1 公微。这样說来，那就沒有一个准确的嗎？的确，我們只能这样假定，我們不能要求一个工件做到絕對准确。更不能要求一批工件做得完全相同。那末到底怎样才算准确呢？那些工件可認為合格呢？这就必須談到公差了。

2. 公差 把一批工件的尺寸限制在預先規定的界限尺寸之內，在这个範圍內的尺寸才算准确，超出了这个範圍都算不准确。例如我們規定一批軸的直徑不許大于 99.95 公厘，也不許小于 99.86 公厘。这两个界限尺寸之間的范围等于 0.09 公厘(或 90 公微)就叫公差。有了这个公差，才能把工件分为合格品或廢品。所以凡是要求做得准确的尺寸，必須給出公差。否則，很难判断其是否准确。

二、为什么要有公差制度

为了使一批工件能分別合格品和廢品，必須要有公差。几批同一种类的工件，要分別哪一批做得好些，好到什么程度，也必須根据公差来分才有一定的标准。例如一批齒輪或一批螺絲，怎样才算好，好到什么程度，沒有公差就很难說清楚的。但是根据齒輪公差和螺紋公差的标准，就可判断出究竟是一級的、二級的、还是三級的。因此要把工件分成各种精度等級，也必需要有公差。

或許有人会說我們以前制造机器时，不懂得什么叫做公差。做另件时尽量做得好，做得准，不分什么等級；裝配时尽量使它松紧适宜，太紧的修改一下，太松的就換一件。这样也曾做出了很好的机器，何必一定要公差呢？当然，如果只做几部机器，不講快，省。沒有公差也能做得很好。但是如果大量生产，要快，要省，又要好，那就一定要有公差才行。因为在大量生产中有一个最重要的条件叫做互換性。沒有公差就談不到互換了。

互換性 在大批配合件中任意选取一對，裝配起來一定都能合適。這樣的一批另件，我們稱它是有互換性的。要使另件具有互換性，就必須要求另件做到一定的準確度。也就是要在一定的公差範圍之內。在大量生產中往往採用流水作業，要求每道工序有一定的時間性。裝配工序也是如此。這樣就必須要求另件有互換性。否則，在裝配時如果另件不合適，需要調換或者要修改，那就會浪費許多工時，影響生產的正常進行。

有些另件，它本身就必須要有互換性。例如螺釘與螺母，電燈泡與燈頭等。如果沒有互換性，用起來就很感困難。有些機器的另件容易損壞，時常要換新的。這種另件如果有互換性，則修理時可使用備件，非常方便。例如現在許多汽車另件，自行車另件，縫衣機另件等，都已能做到互換。我們供給農民的水泵和農業機械，如果另件都能互換，將使農民得到很大便利。而這一點是應該完全做得到的，只要能嚴格遵守公差制度。

三、公差配合的基本術語

為了解釋公差配合制度，先來介紹幾個名詞。

1. 界限尺寸 在圖1a中表示了軸的最大界限尺寸與最小界限

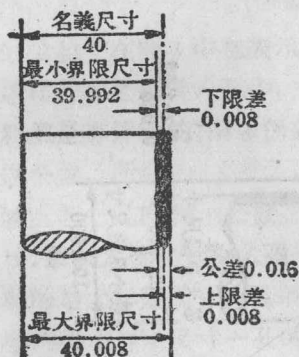


圖1a 軸公差

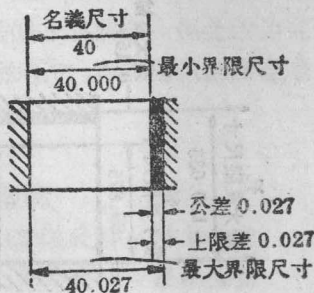


圖1b 孔公差

尺寸。同样在圖1中表示了孔的最大界限尺寸和最小界限尺寸。当我们做一批孔和轴的时候必须使它们的尺寸在这个界限尺寸之間才算合格。超出了这个界限就是廢品。

2. 名义尺寸 一对孔和轴共有四个界限尺寸而且它們往往都不是整齐的数字。所以称呼起来很不方便。因此再給出一个名义尺寸,它一般选取一个整齐的数字。

3. 界限差 界限尺寸与名义尺寸之差称为界限差,因此可写成下列两个公式:

最大界限尺寸 - 名义尺寸 = 上界限差 (简称上限);

最小界限尺寸 - 名义尺寸 = 下界限差 (简称下限)。

4. 实际尺寸 从一个做好的工件上量出来的尺寸叫做它的实际尺寸。

5. 偏差 实际尺寸与名义尺寸之差称为偏差,可以写成下式:

实际尺寸 - 名义尺寸 = 偏差。

6. 公差 我們前边講过两个界限尺寸之間的范围就叫公差,可写成:

最大界限尺寸 - 最小界限尺寸 = 公差

或: 上界限差 - 下界限差 = 公差。

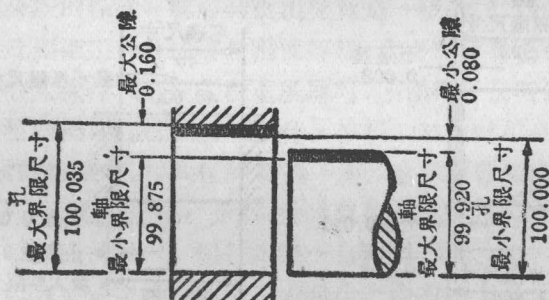


圖 2 动配合

7. 公隙 像圖 2 中的一对孔和軸裝配起来，因为孔比軸大所以裝配后尙有空隙，这个隙的大小叫做公隙。所以

孔直徑－軸直徑＝公隙。

8. 最大公隙和最小公隙 在一批孔和一批軸中由于它們的直徑不同，所以任意配合后所产生的公隙也不同。很显然：

孔的最大界限尺寸－軸的最小界限尺寸＝最大公隙；

孔的最小界限尺寸－軸的最大界限尺寸＝最小公隙

或：孔的上限－軸的下限＝最大公隙；

孔的下限－軸的上限＝最小公隙。

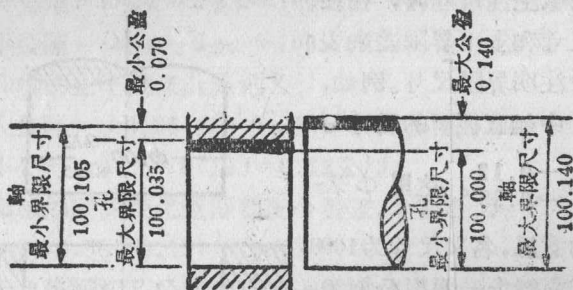


圖 3 靜配合

9. 公盈 在圖 3 中也表示了一批孔和軸的尺寸，但是軸比孔大。这样若要把軸裝入孔中，材料似乎有盈余。但是因为孔和軸的材料都是有彈性的，所以仍能設法压入。在未压入前所盈余的大小叫做公盈。所以

軸直徑－孔直徑＝公盈。

10. 最大公盈和最小公盈 很显然

軸的最大界限尺寸－孔的最小界限尺寸＝最大公盈；

軸的最小界限尺寸－孔的最大界限尺寸＝最小公盈

或：軸的上限－孔的下限＝最大公盈；

軸的下限—孔的上限=最小公盈。

11. 配合公差 当一批孔和一批軸任意配合时它們所产生的公隙或公盈是不相同的。因此，一批配合件的松紧程度也不能完全一律，而是有些变化的。这个变化的范围，也就是最大公隙与最小公隙之差或最大公盈与最小公盈之差，叫做配合公差。可以写成：

最大公隙—最小公隙=配合公差

或：最大公盈—最小公盈=配合公差。

四、尺寸的注法和計算

在圖紙上注尺寸时，往往用名义尺寸和上下界限差来表示而很少注明界限尺寸。例如，在圖 4a 中軸直徑 d 的尺寸写成 $\phi 100 \begin{smallmatrix} -0.12 \\ -0.35 \end{smallmatrix}$ 。这里 ϕ 表示直徑的意思，名义尺寸为100公厘（在圖紙上一般以公厘为單位，所以不需注明），上限是 -0.12 ，下限是 -0.35 。因此，可以算出軸的最大界限尺寸和最小界限尺寸，即

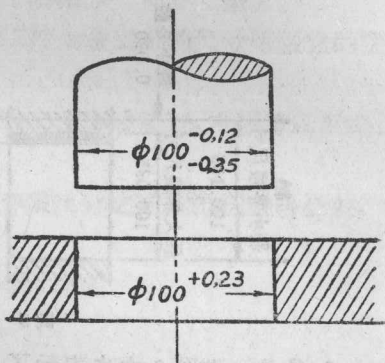


圖 4a

$$d_{\text{最大}} = 100 + (-0.12) = 99.88 \text{ 公厘};$$

$$d_{\text{最小}} = 100 + (-0.35) = 99.65 \text{ 公厘}。$$

这个軸的公差 Δ

$$\Delta_{\text{軸}} = 99.88 - 99.65 = 0.23 \text{ 公厘}$$

或用上下限來計算

$$\Delta_{\text{軸}} = -0.12 - (-0.35) = 0.23 \text{ 公厘}。$$

同样，孔直徑 D 的尺寸写成 $\phi 100^{+0.23}$ ，这个写法的意义等于

$\phi 100 \begin{smallmatrix} +0.23 \\ +0.00 \end{smallmatrix}$, 那就是說上限为 $+0.23$, 而下限为 0 , 因为是 0 所以

可以省去不写。因此孔的界限尺寸为:

$$D_{\text{最大}} = 100 + 0.23 = 100.23 \text{ 公厘};$$

$$D_{\text{最小}} = 100 + 0 = 100 \text{ 公厘}。$$

而孔的公差 $\triangle_{\text{孔}} = 100.23 - 100 = 0.23 \text{ 公厘}$

或 $\triangle_{\text{孔}} = 0.23 - 0 = 0.23 \text{ 公厘}。$

当这样的一批孔和軸任意配合时它們可能产生的最大公隙和最小公隙应为:

$$\text{最大公隙} = D_{\text{最大}} - d_{\text{最小}} = 100.23 - 99.65 = 0.58 \text{ 公厘};$$

$$\text{最小公隙} = D_{\text{最小}} - d_{\text{最大}} = 100 - 99.88 = 0.12 \text{ 公厘}$$

或用孔和軸的上下限来計算則为:

$$\text{最大公隙} = +0.23 - (-0.35) = 0.58 \text{ 公厘};$$

$$\text{最小公隙} = 0 - (-0.12) = 0.12 \text{ 公厘}。$$

这批孔和軸的隙的变化范围即配合公差, $\triangle_{\text{配合}}$ 为:

$$\triangle_{\text{配合}} = 0.58 - 0.12 = 0.46 \text{ 公厘};$$

而这个大小就等于孔公差和軸公差的和: $0.23 + 0.23 = 0.46$ 。在加工和檢驗的时候我們必須用到界限尺寸。但是在圖紙上和計算公差的时候往往用上下限来代替, 可以方便得多。例如在圖

44 中, 我們可以算出:

軸的公差 $\triangle_{\text{軸}} = 0 - (-0.023)$
 $= 0.023 \text{ 公厘 (軸的上限为 } 0\text{)};$

孔的公差 $\triangle_{\text{孔}} = -0.093 -$
 $(-0.14) = 0.047 \text{ 公厘};$

最大公盈 $= 0 - (-0.14)$
 $= 0.14 \text{ 公厘};$

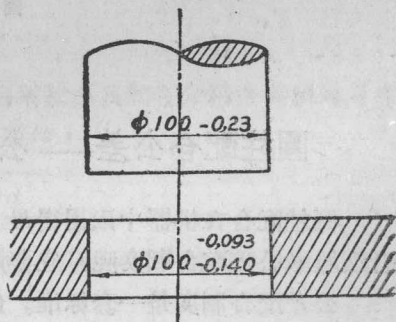


圖 44

$$\text{最小公盈} = -0.023 - (-0.093) = 0.07;$$

$$\Delta_{\text{配合}} = 0.14 - 0.07 = 0.07 \text{ 公厘。}$$

从这里又可証明：

$$\Delta_{\text{配合}} = \Delta_{\text{軸}} + \Delta_{\text{孔}} = 0.023 + 0.047 = 0.07。$$

在說明公差和配合的問題時，为了方便起見，往往采用公差帶的画法来表示。所謂公差帶就是兩個界限尺寸之間的范围，如圖 5 所示。如果把圖 5a 用簡單的方法表示出來，不把軸和孔全部畫出，仅画出它們的公差部分，并把零綫來代替名義尺寸的位置，这样就如圖 5b 所示。同样，可以推想圖 5c 的意义是軸比孔大应产生公盈。

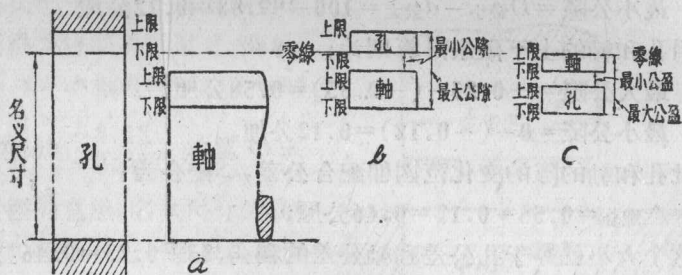


圖 5

圓柱配合公差 —— 公差制度的基本內容

圓柱配合在機器中应用得最多，它的公差配合制度也最完备。什么叫做公差配合制度呢？它要解决那些問題呢？

公差配合制度是一套标准。包括标准名義尺寸，尺寸区域，公差，上下限，公差單位，精度等級，配合座和基准制等等。这些都是

为了解决下面三个问题：

1. 使能按照公差的大小將另件分为各种精度等級；
2. 使能按照适当的松紧程度来选择各种配合座；
3. 使另件尺寸的花样尽量减少。

一、精度等級

我們怎样来判断一批另件的好坏呢？那就看这批另件的尺寸做得是否均匀。也就是說这批另件里最大的尺寸比最小的尺寸相差多少；差得愈大就愈不均匀，也就愈坏。所以另件的精度等級，用公差的大小来分。譬如要做一批直径 5 公厘的軸，我們按照下列公差大小把它分为十个精度等級：

公差大小(公微)	5	18	12	25	48	80	160	300	480	750
精度等級	1	2	2a	3	3a	4	5	7	8	9

但是当我們做一批直径 500 公厘的軸时，能不能也这样規定呢？显然不能。因为一根直径 500 公厘的軸，要做到在公差范围 5 公微以内，那是太困难了，即使 50 公微也不容易。而从上表看来 50 公微已不够 3a 級，要算 4 級，那是精度很低的了。我們知道在同样的加工情况下，另件尺寸愈大，它的誤差也愈大。根据很多試驗得出誤差 δ 与另件直径 d 之間，約略有下列关系

$$\delta = c \sqrt[3]{d},$$

这里的 c 是各种不同加工情况的系数。我們在分精度等級时考虑了这个关系，所以定出一个公差單位 i

$$i = 0.5 \sqrt[3]{d},$$

式中 d 为工件直径，以公厘为單位； i 以公微为單位(这个公式只限于直径 1 到 500 公厘范围之內)。

有了公差單位，我們可以規定某級精度的公差相当于几个公

差單位 (如表1所示), 这样就把另件尺寸的大小也照顧到了。

表1 OCT工件的与配合的公差單位倍数

(近似数值)

$$a \approx \frac{\delta}{i_{\text{OCT}}}$$

尺寸分段 公厘	單位倍数	精 度 等 級										
		1	2	2a	3	3a	4	5	6	7	8	9
自 1 到 10000	配合 孔 軸	17	26	41	60	128	200	400	—	800	1280	2000
		10	16 ^①	25	30 ^②	64	100	200	—	400	640	1000
		7	10 ^③	16	30 ^④	64	100 ^⑤	200	—	400	640	1000
自 0.1 到 1 (1 除外)	配合 孔 軸	20	32	50	80	128	200	320	500	—	—	—
		10	16	25	40	64	100	160	250	—	—	—
		10	16	25	40	64	100	160	250	—	—	—

① 除去配合 Γp 和 $X(21 i_{\text{OCT}})$, 配合 $II(27 i_{\text{OCT}})$ 及配合 $III(30 i_{\text{OCT}})$ 的孔。

② 除去配合 $X_3(40 i_{\text{OCT}})$ 及配合 $III_3(50 i_{\text{OCT}})$ 的孔。

③ 除去配合 Γp 和 $X(16 i_{\text{OCT}})$, 配合 $II(21 i_{\text{OCT}})$ 及配合 $III(25 i_{\text{OCT}})$ 的軸。

④ 除去配合 $X_3(40 i_{\text{OCT}})$ 及配合 $III_3(50 i_{\text{OCT}})$ 的軸。

⑤ 除去配合 $IIp_4(30 i_{\text{OCT}})$ 的軸。

二、配合座

机器另件在装配后有的要它能活动, 也就是說配合件間要有相对运动, 例如, 軸与軸承, 活塞与汽缸等。这种配合叫动座配合; 有的要它不能活动, 例如, 飞輪与軸, 活塞与活塞梢等, 这种配合叫靜座配合。在动座配合里, 軸必須比孔小, 換句話說必需要有公隙。在靜座配合里, 有兩種情况: 第一种軸比孔大, 因而有公盈。把軸硬压入孔后就被咬死了, 所以不能动。公盈愈大就咬得愈紧, 能傳達很大的扭轉力矩而不致松动。这种配合叫做压入配合。在孔和軸之間不需要鍵。它的优点是孔和軸的中心对得很准; 它的缺点是裝拆非常不便, 所以仅用在不需要裝拆的地方。第二种情况是軸孔之間有隙, 或者即使有些公盈也不很大, 因而咬得不够紧, 受到

扭轉力矩后还是要松动。在这些情況下，要使它不動必須用鍵。這種配合叫做過渡配合（見圖6）。它比起壓入配合來，中心對准要差些，但裝拆要方便些。所以它用在需要裝拆而不常裝拆的地方。如果軸和孔之間不要它動而裝拆却很忙，例如，機床上的可換齒輪。那末我們就可採用動座配合而裝上一個鍵。

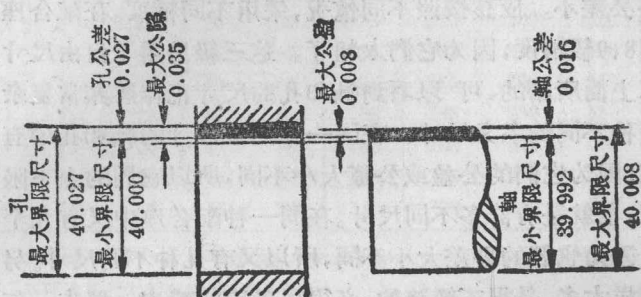


圖6 過渡配合

配合座僅僅分為上述三大類還不夠用。在壓入配合中有的要求傳達很大的力矩，因此需要很大的公盈。有的傳達力矩小些，需要的公盈也就可以小些。如果一律替它們做成很大的公盈，是不合適的。因為那將使材料受到不必要的應力，使裝拆增添不必要的困難。所以在壓入配合中還要分成幾種不同的座，以適應需要。在動座配合中情況更複雜了。由於轉數的快慢，受力的大小，滑潤油的厚薄，機器發熱溫度的高低等等各種不同的條件，而要求有不同大小的公隙。所以必須分成若干座。在過渡配合中也由於不同要求分為四種座。有的是為了使中心對得更准些，有的是為了使拆卸比較方便些。

在同一種配合座中，還要分成各種精度等級。我們在前邊已講過，在一批配合件中，它們的公盈或公隙是不能完全一樣的，而是有大有小。這個大小變化的範圍就是配合公差。從機器使用的觀

点来看,并不希望公盈或公隙有变化,但由于制造条件的限制,另件尺寸不可能一律,因而不可避免地要产生这个变化。从使用的观点来看,配合公差当然愈小愈好。但是我们已证明过,配合公差是轴公差与孔公差之和。所以要使配合公差小,就要求轴和孔的精度高,这就要使制造困难和成本加高。因此,除非必要不能一律要求配合公差小。应该按照不同情况,采用不同精度。在配合座中不采用7、8、9级精度,因为它们太粗了。这三级只用于自由尺寸。

从上面所讲的,可以看到轴和孔的尺寸花样将非常复杂。首先有各种不同的名义尺寸,在同一种名义尺寸的轴和孔中有很多配合座,因为它们的公盈或公隙大小不同,所以它们的上下限也各不相同,也就是有许多不同尺寸。在同一种配合座中又有几个精度等级。因为它们的公差大小不同,所以又有几种不同尺寸。另件尺寸的花样太多,是很不经济的,必须尽量设法减少。那末,怎样才能减少呢?我们采取了下面几种措施。

三、标准名义尺寸、尺寸区域、基准制

首先名义尺寸的选择不要太随便,而要尽量采用标准名义尺寸如表2中所示。当然如果有特殊需要,也可以用非标准名义尺寸。

其次把尺寸分成区域。例如自1到500公厘的范围内分成12个区域(如表4中顶栏所示),每个区域内的公差单位都统一起来。这样就大大地减少了公差大小的花样。例如,在大于360到500的尺寸区域内有14个标准名义尺寸(见表2)按照公式

$i = 0.5^3 \sqrt{d}$ 计算时,可得出14种*i*的数字。现在把这个区域的平均尺寸430公厘来代入*d*,得出*i* = 3.8公微。这样,就把14种公差大小统一成一种。

最后,为了要得到不同大小的公盈或公隙,也就是为了要产生各种配合座,就需要变动轴和孔的上下限。这里,可以有三种情